

2.5. Interpretación de Resultados por Variables.

La distribución geográfica de los cinco puntos de monitoreo (ID1 a ID5) fue estratégicamente diseñada para capturar las variaciones en la calidad del agua a lo largo de la Quebrada Tonchalá, especialmente aquellas inducidas por la actividad humana. El emplazamiento de los puntos antes y después del centro poblado El Carmen de Tonchalá (ID1 e ID2) y, crucialmente, antes y después de los vertimientos del casco urbano de Cúcuta (ID3 e ID4), permite establecer un análisis diferencial del impacto antrópico directo. La inclusión del punto final (ID5), previo a la confluencia con el río Zulia, es fundamental para determinar la calidad del efluente de la quebrada antes de su incorporación a un cuerpo receptor mayor. Por lo tanto, el cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA) y el análisis de los parámetros asociados no solo caracterizarán el estado actual del recurso hídrico, sino que también proporcionarán datos base esenciales para la gestión ambiental y la toma de decisiones relativas a la mitigación de la contaminación.

A continuación, se presentan los resultados de las variables de pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Turbiedad, Oxígeno Disuelto Y Caudal, los cuales pueden incidir en la calificación del ICA de la corriente hídrica.

El cálculo del ICA se realizó de acuerdo al protocolo establecido por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. Así mismo, en el ID5 se analizaron otras variables: Hidrocarburos, Metales Pesados, Aceites y Grasas, si bien estas últimas no infieren en el cálculo del ICA, fue importante evaluarlas por las actividades antropogénicas que las generan.

2.5.1. Resultados de la variable Temperatura y pH 2025.

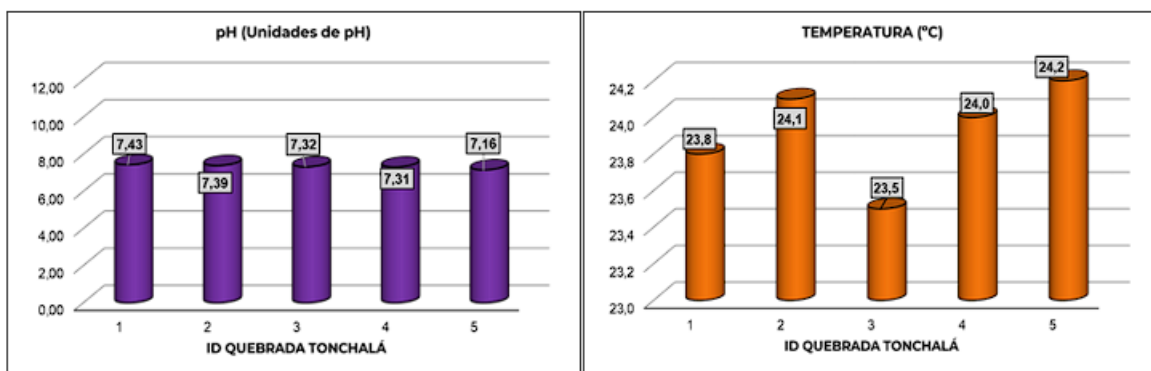
Los resultados de laboratorio obtenidos a partir del muestreo en la Quebrada Tonchalá confirma una marcada estabilidad en las condiciones fisicoquímicas de base del recurso hídrico, específicamente en los parámetros de Temperatura y pH. La temperatura del cuerpo de agua se mantuvo constante, con una oscilación mínima entre 23,5°C y 24,2° C, lo que descarta la influencia de descargas térmicas significativas que pudieran impactar negativamente la solubilidad del oxígeno disuelto o la biota acuática nativa.

Tabla 5 Resultados por ID de Temperatura y pH Quebrada Tonchalá

ID	NOMBRE	TEMPERATURA (°C)	pH (Unidades)
1	Antes del centro poblado Carmen de Tonchalá	23,8	7,43
2	Después del centro poblado Carmen de Tonchalá	24,1	7,39
3	Antes de los vertimientos de Cúcuta	23,5	7,32
4	Después de los vertimientos de Cúcuta	24,0	7,31
5	Antes de la confluencia con el río Zulia	24,2	7,16

Fuente: IR-25-03 (27 al 31) del 16 de octubre de 2025- Corponor.

Figura 7 Resultados de Temperatura y pH de la Quebrada Tonchalá.



De igual forma, el Potencial de Hidrógeno (pH) exhibió un equilibrio iónico consistente, fluctuando únicamente entre 7,16 y 7,43 manteniéndose dentro del

rango de neutralidad a ligera alcalinidad. Esta uniformidad, al no presentar valores extremos, sugiere que el deterioro de la calidad hídrica evidenciado por otros indicadores de contaminación no es atribuible a alteraciones del balance ácido-base o térmico, sino que se origina principalmente en el incremento de la carga contaminante disuelta, particularmente la fracción orgánica y microbiológica.

2.5.2. Resultados de las variables Turbiedad y Sólidos Suspendidos Totales - SST 2025

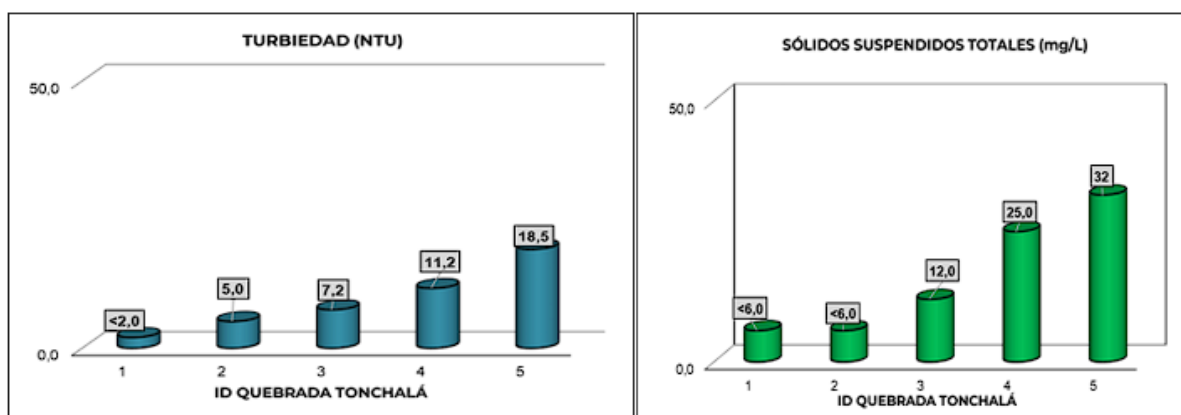
Los resultados analíticos para la Turbiedad y los Sólidos Suspendidos Totales (SST) evidenciaron una correlación directa y una tendencia ascendente en la concentración de material particulado a lo largo del tramo de la Quebrada Tonchalá. Los puntos iniciales (ID1 e ID2) reflejaron condiciones de base relativamente estables, con SST de <6,0 mg/L y turbiedades bajas (< 2,0 a 5,0 UNT). No obstante, a partir del punto ID3, se observa un incremento significativo en ambos parámetros (SST a 12,0 mg/L y Turbiedad a 7,2 UNT), los cuales aumenta drásticamente en los puntos aguas abajo, especialmente tras la influencia de los vertimientos urbanos. El punto ID5 registró los valores máximos, alcanzando 32,0 mg/L de SST y 18,5 UNT de Turbiedad. Este patrón de incremento sugiere que las descargas urbanas y la escorrentía son las principales fuentes de aporte de materia inorgánica y orgánica particulada, lo cual tiene implicaciones directas en la penetración de luz, la fotosíntesis y la sedimentación en el cauce.

Tabla 6 Resultados por ID de Turbiedad y Sólidos Suspendedos Totales de la Quebrada Tonchalá.

ID	NOMBRE	TURBIEDAD (NTU)	SST (mg/L)
1	Antes del centro poblado Carmen de Tonchalá	<2	<6
2	Después del centro poblado Carmen de Tonchalá	5,0	<6
3	Antes de los vertimientos de Cúcuta	7,2	12,0
4	Después de los vertimientos de Cúcuta	11,2	25,0
5	Antes de la confluencia con el río Zulia	18,5	32

Fuente: IR-25-03 (27 al 31) del 16 de octubre de 2025- Corponor.

Figura 8 Resultados de Turbiedad y SST de la Quebrada Tonchalá.



2.5.3. Resultados de las variables Conductividad y Oxígeno Disuelto 2025

Los resultados de la Conductividad Eléctrica (CE) y el Oxígeno Disuelto (OD) revelan la severidad de la alteración hídrica causada por los vertimientos urbanos en la Quebrada Tonchalá. En los puntos de control iniciales (ID1, ID2 e ID3), el cuerpo de agua exhibía condiciones de calidad aceptables, con niveles de CE que oscilaban entre 210,5 y 247,0 S/cm y concentraciones saludables de OD, que alcanzaban 7,45 mg/L. Sin embargo, el tramo posterior a la zona de

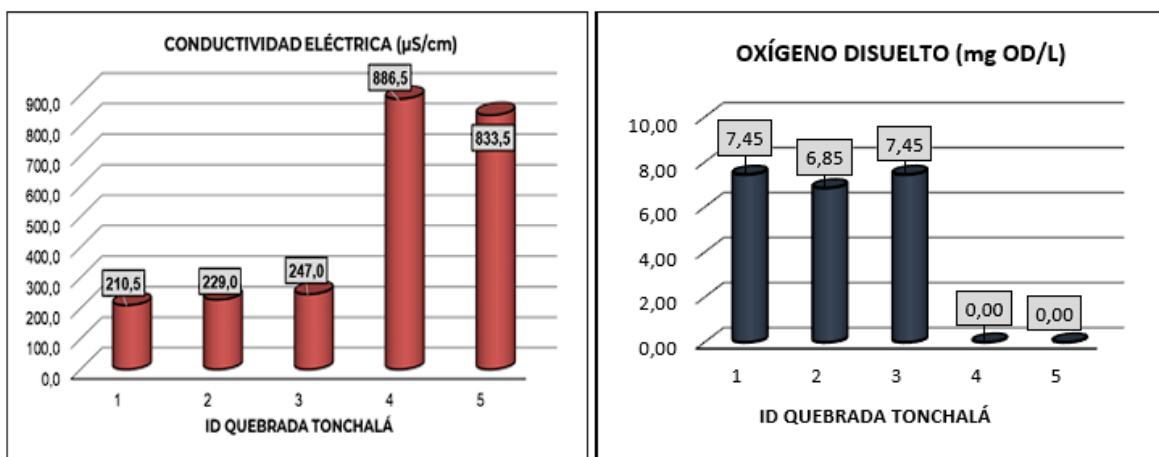
vertimientos (ID4 e ID5) muestra un deterioro muy alarmante. La CE se disparó a valores cercanos a 886,5 S/cm, indicando una masiva afluencia de iones disueltos (sales, nutrientes, materia orgánica) provenientes de las aguas residuales. Simultáneamente, el Oxígeno Disuelto colapsó a 0,0 mg/L en ambos puntos. Este estado de polución confirma una sobrecarga orgánica extrema que ha consumido completamente el oxígeno disponible a través de la actividad microbiana, generando una condición que es incompatible con la vida acuática y ratificando el grado severo de contaminación de este tramo.

Tabla 7 Resultados por ID de Conductividad y Oxígeno Disuelto de la Quebrada Tonchalá

ID	NOMBRE	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	OXÍGENO DISUELTO (mg OD/L)
1	Antes del centro poblado Carmen de Tonchalá	210,5	7,45
2	Después del centro poblado Carmen de Tonchalá	229,0	6,85
3	Antes de los vertimientos de Cúcuta	247,0	7,45
4	Después de los vertimientos de Cúcuta	886,5	0,00
5	Antes de la confluencia con el río Zulia	833,5	0,00

Fuente: IR-25-03 (27 al 31) del 16 de octubre de 2025- Corponor.

Figura 9 Resultados de Conductividad y Oxígeno Disuelto de la Quebrada Tonchalá.



2.5.4. Resultados de las variables Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO_5 – Demanda Química de Oxígeno DQO 2025

El análisis de la carga orgánica, mediante DBO_5 y DQO , subraya la drástica inyección de contaminantes que experimenta la Quebrada Tonchalá en sus tramos bajos. En los puntos de muestreo iniciales (ID1 e ID2), los valores de DBO_5 se mantuvieron bajos (1,96 y 2,04 mg/L respectivamente), indicando una carga orgánica mínima fácilmente biodegradable. Sin embargo, esta condición se revierte bruscamente después de los vertimientos urbanos; donde, el DBO_5 se incrementa progresivamente hasta alcanzar un pico de 56,0 mg/L en el ID5. Esta concentración elevada de DBO_5 confirma la masiva descarga de materia orgánica biodegradable, directamente relacionada con el colapso del Oxígeno Disuelto. Por su parte, la DQO también muestra un incremento notable, alcanzando 273,00 mg/L en el ID4. La relación DQO/DBO_5 en los puntos críticos indica la presencia predominante de materia orgánica biodegradable, aunque el alto DQO en el ID4 sugiere también un componente de materia no

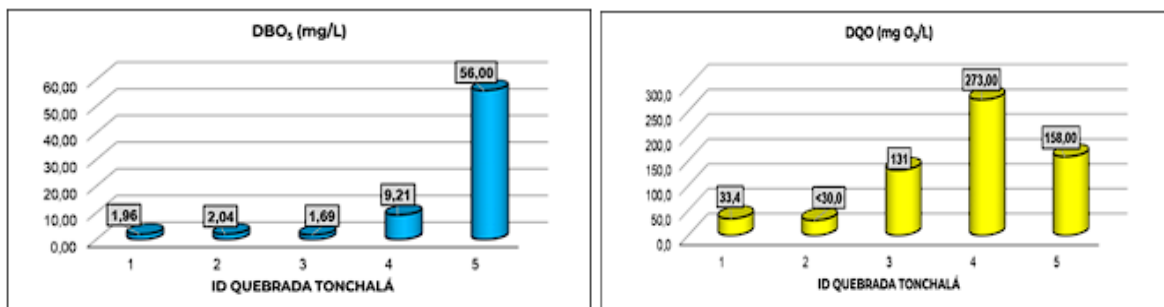
biodegradable o refractaria, lo que complejiza la potencial depuración del cuerpo de agua.

Tabla 8 Resultados por ID de DBO₅ y DQO Quebrada Tonchalá

ID	NOMBRE	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg O ₂ /L)
1	Antes del centro poblado Carmen de Tonchalá	1,96	33,4
2	Después del centro poblado Carmen de Tonchalá	2,04	<30
3	Antes de los vertimientos de Cúcuta	1,69	131
4	Después de los vertimientos de Cúcuta	9,21	273
5	Antes de la confluencia con el río Zulia	56,0	158

Fuente: IR-25-03 (27 al 31) del 16 de octubre de 2025- Corponor.

Figura 10 Resultados de DBO₅ y DQO de la Quebrada Tonchalá.



A pesar de que el Oxígeno Disuelto (OD) no presentó un consumo significativo por parte de la materia orgánica fácilmente degradable en los tramos altos de la quebrada evidenciado por valores de DBO₅ inferiores a 2,1 mg/L; el análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) mostró incrementos drásticos en ciertos puntos de muestreo. Esta divergencia es crítica, pues un DBO₅ bajo indica que hay una baja necesidad biológica de oxígeno para la degradación, sugiriendo que la mayoría de la materia orgánica presente es refractaria o no biodegradable a corto plazo. El fuerte aumento en DQO (como en el ID3 con 131 mg/L) corrobora la elevada concentración de materia orgánica no

biológicamente activa, incluyendo sustancias químicas complejas o persistentes. Este perfil de contaminación implica un desafío para los procesos naturales de autodepuración de la Quebrada Tonchalá, pues gran parte de la carga contaminante requerirá de tratamientos químicos o físicos más avanzados para su remoción.

2.5.5. Resultados de las variables Nitrógeno Total y Fósforo Total 2025.

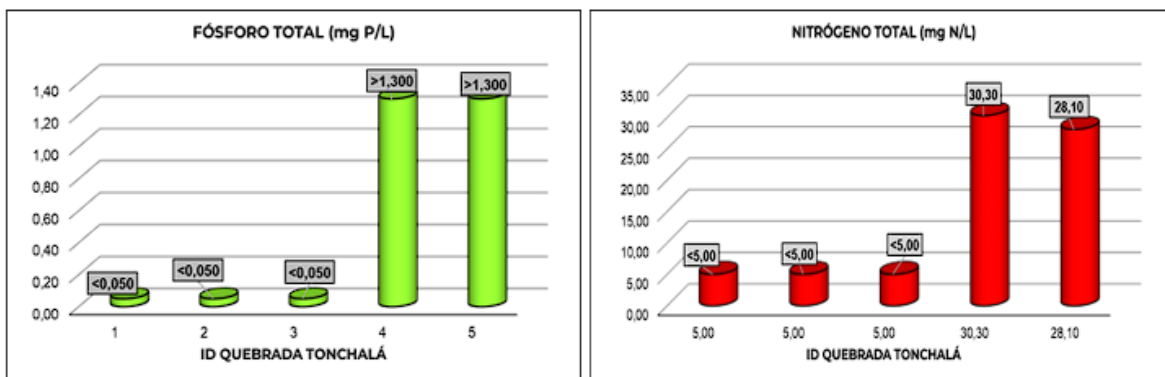
El análisis de nutrientes revela un incremento crítico y localizado de las concentraciones de Nitrógeno Total y Fósforo Total en la Quebrada Tonchalá. Los puntos de muestreo (ID1, ID2 e ID3) mostraron concentraciones residuales o no detectables, con Nitrógeno Total menor a 5,0 mg/L y Fósforo Total menor a 0,05 mg/L, reflejando condiciones de mínima alteración. Sin embargo, el impacto de los vertimientos urbanos provocó un incremento de estos parámetros a partir del ID4; donde el Nitrógeno Total se disparó a 30,30 mg/L y el Fósforo Total alcanzó valores >1,300 mg/L. Estas condiciones son un indicador inequívoco de la descarga de aguas residuales domésticas, las cuales son ricas en compuestos nitrogenados y fosforados. La alta concentración de estos nutrientes, si bien no fue la causa directa de la polución, sí genera un riesgo elevado de eutrofización aguas abajo, comprometiendo a largo plazo el equilibrio ecológico del tramo final y del cuerpo receptor principal.

Tabla 9 Resultados por ID de Nitrógeno Total y Fósforo Total Quebrada Tonchalá

ID	NOMBRE	NITRÓGENO TOTAL (mg N/L)	FÓSFORO TOTAL (mg P/L)
1	Antes del centro poblado Carmen de Tonchalá	<5	<0,05
2	Después del centro poblado Carmen de Tonchalá	<5	<0,05
3	Antes de los vertimientos de Cúcuta	<5	<0,05
4	Después de los vertimientos de Cúcuta	30,30	>1,300
5	Antes de la confluencia con el río Zulia	28,10	>1,300

Fuente: IR-25-03 (27 al 31) del 16 de octubre de 2025- Corponor.

Figura 11 Resultados de Nitrógeno Total y Fósforo Total de la Quebrada Tonchalá.



2.5.6. Resultados de las variables Grasas y Aceites e Hidrocarburos 2025.

El análisis de Aceites y Grasas e Hidrocarburos se realizó únicamente en el ID5 correspondiente a antes de la confluencia con el río Zulia. En este análisis se evidenció la presencia cuantificable de contaminantes no polares. Se obtuvieron concentraciones de Grasas y Aceites de 8,70 mg/L y de Hidrocarburos de 3,91 mg/L. Estos valores confirman la recepción de descargas de origen antrópico que incluyen residuos de cocina, lubricantes y combustibles, propios de zonas urbanas sin tratamiento adecuado. La significancia ambiental de estos hallazgos radica no solo en el riesgo ecotoxicológico directo y la capacidad de bioacumulación en la cadena trófica, sino también en el impacto físico que ejercen sobre la superficie del agua, formando películas que inhiben la transferencia de oxígeno atmosférico e impiden la re-oxigenación del cuerpo de agua, agravando aún más la condición de polución ya establecida en este tramo.

Tabla 10 Resultados por ID de Aceites y Grasas e Hidrocarburos Quebrada Tonchalá

ID	NOMBRE	ACEITES Y GRASAS (mg/L)	HIDROCARBUROS (mg/L)
5	Antes de la confluencia con el río Zulia	8,70	3,91

Fuente: IR-25-03 (27 al 31) del 16 de octubre de 2025- Corponor.

Figura 12 Resultados de Aceites y Grasas e Hidrocarburos Quebrada Tonchalá.

